فصلنامه علمی تخصصی طب کار
دوره ششم/ شماره چهارم/ زمستان ۹۳/ صفحات ۳۸-۳۰

ارزیابی اثربخشی مداخلات مهندسی کنترل استرس گرما در ایستگاه‌های کاری کارگران صنعت فورجینگ

امیرحسین داودیان طلب[۱]، امیرعباس مفیدی[۲*]، محسن مشکانی[۳]

۱. عضو هیئت‌علمی گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده علوم پزشکی بهبهان
۲. دانشجوی دکترای مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس تهران
۳. کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۶/۱۷

چکیده

مقدمه: استرس حرارتی یکی از عوامل زیان‌آور فیزیکی محیط‌های کار می باشد که عدم کنترل آن می‌تواند اثرات منفی مختلفی بر سلامت و عملکرد کارکنان داشته باشد. هدف از این پژوهش، ارزیابی استرس گرمایی و بررسی اثربخشی مداخلات بر شاخص دمای تر گویسان در موضع کاری کارگران یکی از صنایع فورج می‌باشد.

روش بررسی: این مطالعه آزمایشی در تابستان سال ۱۳۹۰ در یکی از صنایع فورجینگ استان تهران انجام گردید. در این مطالعه ابتدا شاخص دمای تر گویسان (WBGT) مورد بررسی قرار گرفت. به منظور کنترل دمای تابشی از سپرهای پارچه‌ای نسوز و قابل‌انعطاف عایق و بازتابش کننده حرارتی استفاده شد. اثربخشی مداخلات با آزمون آماری تی زوجی و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱٤ مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها: متوسط شاخص دمای تر گویسان قبل از انجام مداخله در تمام ۱۲ ایستگاه‌های کاری ۳۱/۲۱°C به دست آمد که بالاتر از حد مجاز استاندارد بود و این مقدار پس از مداخله به ۲٦/٤٥°C رسید. مهم‌ترین فاکتور در بالا بودن این شاخص دمای تابشی بود. تحلیل داده‌ها نشان داد که تفاوت شاخص دمای گویسان، قبل و بعد از نصب سپرهای بازتابشی در ارتفاع سر و قوزک پا از لحاظ آماری معنی‌دار می‌باشد($P\leq ۰/۰۵$)، اما این مقدار در ارتفاع کمر معنی‌دار نبود($P\geq ۰/۰۵$).

نتیجه‌گیری: در صنایع فورجینگ با توجه به حضور دائمی کارگر بین کوره و پرس استفاده از سپرهای قابل‌انعطاف پارچه‌ای روش مناسبی برای کنترل دمای تابشی و استرس‌های گرمایی می‌باشد. این‌گونه سپرها ارزان‌قیمت بوده، به‌سادگی قابل‌نصب هستند و به‌راحتی می‌توانند متناسب با فضای کاری شکل داده شوند و دید اپراتور را مسدود نمی‌کنند. این‌گونه سپرها به دلیل نداشتن لبه‌های برنده از ایمنی بالاتری برخوردارند. ازاین‌رو به نظر می‌رسد این‌گونه سپرها بتوانند به‌منظور کنترل گرمای تابشی در صنایع فورجینگ به‌طور گسترده‌ای مورداستفاده قرار گیرند.

کلیدواژه‌ها: استرس گرمایی، شاخص دمای تر گویسان، مداخلات مهندسی، کنترل گرما، سپر حرارتی، صنعت فورجینگ

* نویسنده مسئول: آدرس پستی: تهران، دانشگاه تربیت مدرس، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، ۰۹۱۲٤۱۹۹۷۷۰
پست الکترونیکی: amirabbasmofidi@gmail.com

www.SID.ir

مقدمه

امروزه عوامل زیان‌آور متعددی در محیط‌های کاری وجود دارد که سلامتی کارگران را تهدید نموده و می‌توانند باعث ایجاد بیماری‌های شغلی مختلفی شوند(۱). یکی از این عوامل زیان‌آور، گرما است که در محیط‌های کاری به‌عنوان منبع انرژی وجود داشته یا تولید می‌شود. محیط کاری گرم به‌عنوان یک واقعیت انکارناپذیر در کشورهای در حال توسعه که در آن بیشتر از صنایع نیمه اتوماتیک یا دستی استفاده می‌شود وجود دارد، یکی از این صنایع صنعت فورجینگ می‌باشد(۲). استرس حرارتی یک واکنش فیزیولوژیک است که در برابر فشار گرمایی محیط ایجاد می‌شود(۳,٤).

مطالعات نشان می‌دهد ضربان قلب کارگرانی که به‌طور متناوب کار می‌کنند، به ازا افزایش یک درجه سانتی‌گراد دمای محیط کار، یک ضربه در دقیقه افزایش می‌یابد(۳,۵). در صورت عدم توجه به این عامل و عدم کنترل آن، ممکن است خسارت جانی و مالی غیرقابل جبرانی را به بار آید(۱). استرس حرارتی ضعیف یا ملایم می‌تواند باعث ایجاد ناراحتی شده و یا اثرات منفی بر عملکرد و ایمنی بدن بر جای بگذارد. اما اگر تنش‌های حرارتی به حد تحمل انسان نزدیک شود، خطر ابتلا به بیماری‌های وابسته به حرارت را افزایش می‌دهد(٦). محیط‌های گرم موجب استرس در کارگران می‌گردد و علاوه بر کاهش راندمان کاری کارکنان، می‌تواند باعث بروز بیماری‌های متعددی شود. از مهم‌ترین عوارض کار در محیط‌های گرم می‌توان به گرفتگی عضلات، خستگی مفرط، کاهش هوشیاری، کاهش ادراک و گرمازدگی اشاره نمود. همچنین گرما به‌عنوان یک ریسک فاکتور مهم برای بیماری‌های قلبی عروقی به‌حساب می‌آید(۱,۷). از این‌رو شرایط نامساعد مشاغل سخت، بالاترین نرخ حوادث شغلی و مرگ‌ومیر را به خود اختصاص می‌دهد(۸,۹).

در جوامع در حال توسعه نظیر ایران، نیاز به شناخت مسائل بهداشت و ایمنی کارگران و عوامل زیان‌آور محیط کار بیش از پیش احساس می‌شود(۱).

در این راستا Golmohammad و همکاران به بررسی مطالعاتی که در سال ۱۳٦۲ در ارتباط با مسائل بهداشت گرمایی در مشاغل نانوایی در منطقه‌ای از تهران و همچنین مطالعاتی که جهت تعیین شاخص بهینه استرس گرمایی برای کارگران شیفت کار یک کارخانه ریخته‌گری انجام‌شده است، اشاره نمودند(۸). Srivastavaf و همکاران نیز در سال ۲۰۰۰ میزان استرس‌های گرمایی را در یک کارخانه شیشه‌سازی در هند با استفاده از شاخص‌های متنوعی از جمله دمای تر گویسان WBGT (Wet Bulb Glob Temperature) مورد بررسی قرار دادند(۱۰).

صنایع فورجینگ از صنایع گرمازایی است که به دلیل ماهیت کار و نزدیکی زیاد کارگر با منابع گرما، استرس حرارتی بالایی دارند. در کارگاه‌های سنتی فورجینگ، به طور معمول کارگران زمان زیادی را در موقعیت بین پرس و کوره و سپری می‌کنند. در این حالت با توجه به فاصله کمی که بین کارگر و کوره وجود دارد، استرس حرارتی زیادی به کارگر وارد شده که این شرایط به خصوص در فصول گرم سال، کار را بسیار سخت و در برخی موارد غیرممکن می‌سازد. در سیستم‌های اتوماتیک این مشکل تا حد زیادی برطرف شده است اما در سیستم‌های سنتی فورجینگ، که در کشور ما بخش قابل‌توجهی را نیز به خود اختصاص می‌دهند، کارگران به طور دستی و با استفاده از انبر، قطعات گداخته و نیمه مذاب را از کوره به زیر سنبه پرس و از پرس به سیستم انبارش منتقل می‌نمایند، که در این حالت میزان مواجهه با گرما بسیار زیاد است.

هدف از این تحقیق شناسایی ایستگاه‌های کاری پرمخاطره ازلحاظ استرس گرمایی و ارزیابی استرس گرمایی در ایستگاه‌های پرمخاطره و اعمال راهکارهای کنترلی جهت بهبود شرایط می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

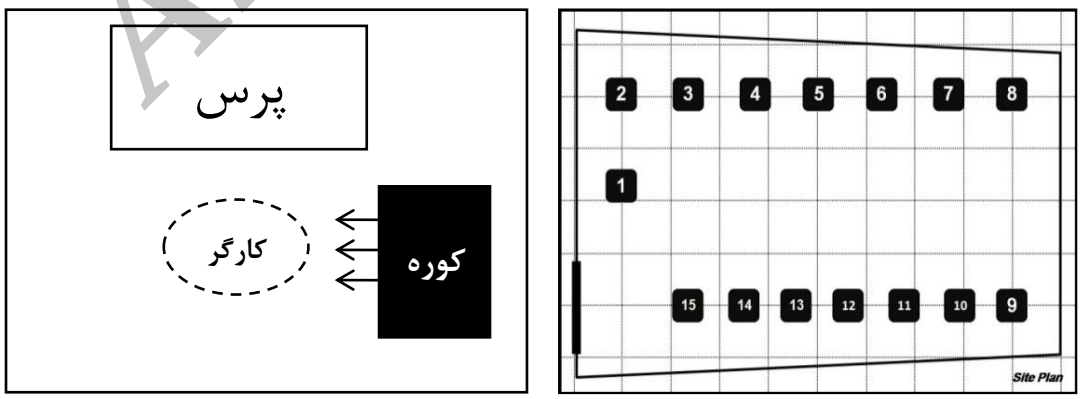
روش بررسی

این مطالعه آزمایشی دریکی از صنایع فورجینگ استان تهران در دو فاز متوالی هرکدام به مدت ۵ روز در گرم‌ترین روزهای سال ۱۳۹۰ انجام گردید. در این مطالعه، از شاخص WBGT برای تعیین استرس گرمایی استفاده شد و اندازه‌گیری‌ها بر اساس استاندارد ISO ۷۲۴۳ صورت گرفت(۱۱). دمای تر گویسان ازجمله شاخص‌های ارزیابی استرس حرارتی به شمار می‌رود که در آن دمای خشک، دمای تر طبیعی و دمای تابشی باهم ترکیب‌شده و به‌صورت یک عدد نمایش داده می‌شود(۲). باوجود اینکه شاخص‌های متعددی در طی سالیان متمادی ابداع‌شده‌اند اما هیچ‌کدام موردپذیرش همگان واقع نشده‌اند. تنها شاخصی که تقریباً به‌طور وسیع موردپذیرش واقع‌شده، شاخص WBGT می‌باشد(۱۲).

در این مطالعه میزان متابولیسم افراد بر اساس استاندارد ملچر ISO ۸۹۹۸ محاسبه شد(۱۳). این شاخص بیش از پنجاه سال پیش تعریف‌شده و تا زمان حاضر به‌عنوان شاخص استرس حرارتی به‌طور گسترده استفاده می‌شود(۱٤) و یکی از ساده‌ترین و مناسب‌ترین شاخص برای ارزیابی بار کاری است(۱۵).

محیط پژوهش یکی از صنایع فورجینگ واقع در استان تهران بود که در آن از فلز برنج جهت تولید شیرآلات صنعتی و ساختمانی استفاده می‌شود.

طرح شماتیک جانمایی دستگاه‌ها در شکل ۱ نمایش داده‌شده است. سالن از ۱۵ ایستگاه کاری مختلف تشکیل‌شده است که در ۱۲ ایستگاه منبع گرمایی وجود دارد. شمش‌های برنجی، پس از برش به اندازه‌های موردنیاز، در پالت‌هایی در انبار موقت نگهداری می‌شوند. کارگران به‌طور روزانه، بسته به نوع برنامه تولید، تعدادی از شمش‌های موردنظر را در داخل کوره در مقابل مشعل قرار می‌دهند تا برای عملیات فورجینگ آماده شوند. با توجه به نوع سفارش تولید و اندازه قالب، شمش‌ها برش داده‌شده و هر چه قطر شمش بیشتر باشد برای گداخته کردن آن به حرارت بیشتری نیاز است. کارگر پس از گداخته‌شدن شمش‌ها، با استفاده از یک انبر آن‌ها را برداشته و در زیر پرس قرار می‌دهد. در هنگام انجام این عملیات با توجه به چیدمان فرآیند، کارگر مجبور است در موقعیتی بین کوره و پرس قرار گیرد که در این حالت، در معرض گرمای زیادی قرار می‌گیرد که بخش عمده آن را گرمای تابشی تشکیل می‌دهد(شکل ۱).



شکل۱- طرح شماتیک ایستگاه‌های کاری و موقعیت کارگران

Archive of SID

پس از قرارگیری قطعات در زیر سنبه، کارگر به منظور راه‌اندازی پرس، شستی‌های پرس را پایین نگه می‌دارد تا عملیات فورجینگ انجام شود. قطعات پرس شده در نهایت با استفاده از انبر از زیر سنبه پرس خارج‌شده و در یک مسیر ناودانی انداخته می‌شوند تا جمع و سرد شوند. در این مطالعه برای اندازه‌گیری دمای خشک، دمای تر طبیعی، دمای تابشی و شاخص دمای تر گویسان از یک دستگاه WBGT متر کالیبره شده مدل Casela۱۲۳۲۳۴۲ استفاده شد.

برای اندازه‌گیری سرعت جریان هوا نیز از یک دستگاه مانومتر حرارتی (Hot wire) ساخت شرکت SIBATA استفاده شد که قادر به اندازه‌گیری سرعت‌های جریان هوا در بازه (۰/۲۵–۲۵m/s) بود. به منظور اطمینان بیشتر در اندازه‌گیری دمای تابشی، در چندین مورد به طور همزمان از یک دماسنج گویسان نیز استفاده شد و نتایج به دست‌آمده مقایسه شدند. به منظور اندازه‌گیری هر چه واقعی‌تر شاخص‌ها، با توجه به ثابت بودن موقعیت هر کدام از پرس‌کاران در ایستگاه‌های خود، در هر مرحله دستگاه در ارتفاع سر، کمر و قوزک پا هر یک از کارگران در مواجهه با گرمای تابشی قرار می‌گرفت، همچنین به منظور اطمینان از تکرارپذیری و دقت، هر اندازه‌گیری حداقل سه بار تکرار شد. بعد از اجرای فاز اول پژوهش که شامل اندازه‌گیری شرایط جوی محیط کار و مقایسه آن با استاندارد بود، این نتیجه حاصل شد که شرایط کاری موردنظر استرس‌زا بوده و بالاتر از مقدار استاندارد قرار دارد. از این‌رو به منظور اجرای مداخله و اقدامات کنترلی فاز دوم مطالعه انجام شد. در قسمت دوم مطالعه پس از اندازه‌گیری و شناسایی مشکل اصلی، اقدامات مهندسی از جمله طراحی جاذب‌های کنترل گرما و نصب سپرهای حرارتی مدنظر قرار گرفت. در این مرحله ابتدا محدوده‌های موجود جهت نصب انواع سیستم‌های کنترلی از جمله نصب سپر با همکاری واحد مدیریت فنی شناسایی شد. این محدودیت‌های شناسایی‌شده عبارت بودند از:

- ✓ سپر نباید مانع از برداشتن قطعات شده و یا سرعت کار را کاهش دهد.
- ✓ سپر مورد استفاده باید در برابر شعله مقاوم باشد.
- ✓ سپر نباید سبب افت دید کارگر نسبت به کوره شود.
- ✓ سپر نباید محدودیت فضایی ایجاد کند.
- ✓ تعمیر و نگهداری آن راحت و کم‌هزینه باشد.
- ✓ مانع از جابجایی دستگاه‌ها در هنگام تعمیرات و نگهداری نشود.
- ✓ مانع از حرکت لیفتراک در هنگام برداشتن و گذاشتن پالت‌ها نشود.
- ✓ از لحاظ هزینه‌های اولیه تأمین و ساخت، هزینه تعمیرات و نگهداری و طول عمر مقرون به‌صرفه باشد.

از آنجا که بخش قابل‌توجهی از استرس‌های حرارتی در این صنعت در اثر شعله و گرمای تابشی می‌باشد، استفاده از سپرهای بازتابی می‌تواند روش مناسبی برای کنترل شرایط موردنظر باشد. پس از بررسی چند طرح مختلف، از جمله سپر حلبی و آلومینیومی مشخص شد که استفاده از سپرهای فایبرگلاس با روکش آلومینیومی از سایر طرح‌ها بهتر است. قابل‌توجه می‌باشد که سپرهای فایبرگلاسی باید عاری از الیاف آزبست باشد. برای طراحی جاذب ابتدا محیط کار آنالیز و ابعاد آن با دقت کامل اندازه‌گیری شد و با توجه به ابعاد هر ۱۲ ایستگاه کاری، جاذب‌ها طراحی، نصب و کارایی آن‌ها ارزیابی شد. نحوه نصب سپر حرارتی پارچه‌ای در شکل ۲ نمایش داده شده است.

ارزیابی مداخلات با اندازه‌گیری مجدد WBGT در هر ۱۲ ایستگاه کاری و مقایسه با اندازه‌گیری‌های قبل از مداخله انجام شد. جهت مقایسه میزان تأثیرگذاری مداخلات بر روی هر یک از شاخص‌ها از آزمون تی زوجی استفاده شد. برای انجام محاسبات آماری نیز از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۴ استفاده شد.

Archive of SID

www.SID.ir

در محیط‌هایی که از لحاظ گرمایی نامتجانس می باشند برای محاسبه WBGT، استاندارد ISO ۷۲٤۳ روابط زیر را ارائه نمود است(۱۱):

(رابطه ۱):

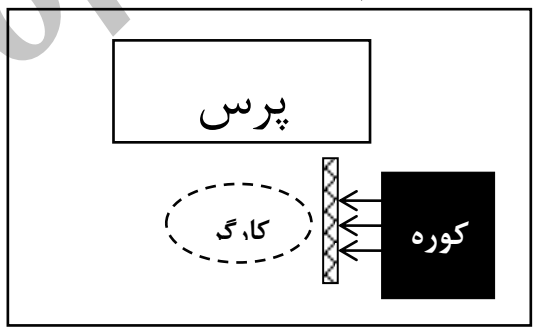
$$WBGT=\frac{WBGT_{head}+2WBGT_{abdomen}+WBGT_{ankles}}{4}$$

همچنین برای محاسبه $WBGT_{TWA}$ از رابطه ۲ استفاده شد:

(رابطه ۲):

$$WBGT_{TWA}=\frac{WBGT_1\times T_1+WBGT_2\times T_2+WBGT_3\times T_3+\cdots}{T_1+T_2+T_3+\cdots}$$

در این مطالعه بر اساس استاندارد ملچر ISO ۸۹۹۸ میزان متابولیسم افراد که از لحاظ گرمایی با شرایط کار تطابق یافته بودند، با توجه به نوع کار به طور متوسط در محدوده ($w.m^{-2}$) ۱۵۰ در نظر گرفته شد. به دلیل شرایط نامتجانس جوی محیط کار اندازه‌گیری‌ها در ارتفاع سر، کمر و قوزک انجام شد.



شکل۲- محل نصب سپر پارچه‌ای بازتابشی و عایق حرارتی

یافته‌ها

در این پژوهش دمای گوی تر در قبل و بعد از مداخله در ۱۲ ایستگاه که شرایط مشابهی داشتند بررسی شد. شکل ۳ میزان اثربخشی نصب سپر حرارتی بازتاب‌دهنده را در شاخص‌های گرمایی دمای مرطوب، دمای خشک، دمای تابشی و شاخص دمای تر گویسان در ارتفاع‌های مختلف نشان داده است.

همان‌طور که در نمودارهای شکل ۳ مشاهده می‌شود، مقدار میانگین WBGT قبل از انجام مداخله در سه ارتفاع مختلف با استفاده از رابطه ۱، ۳۱/۲۱°C محاسبه شد. همچنین مقدار میانگین WBGT مکان استراحت کارگران، به طور متوسط در حدود ۲۵°C بود و زمان استراحت نیز ۲ ساعت در نظر گرفته شد.

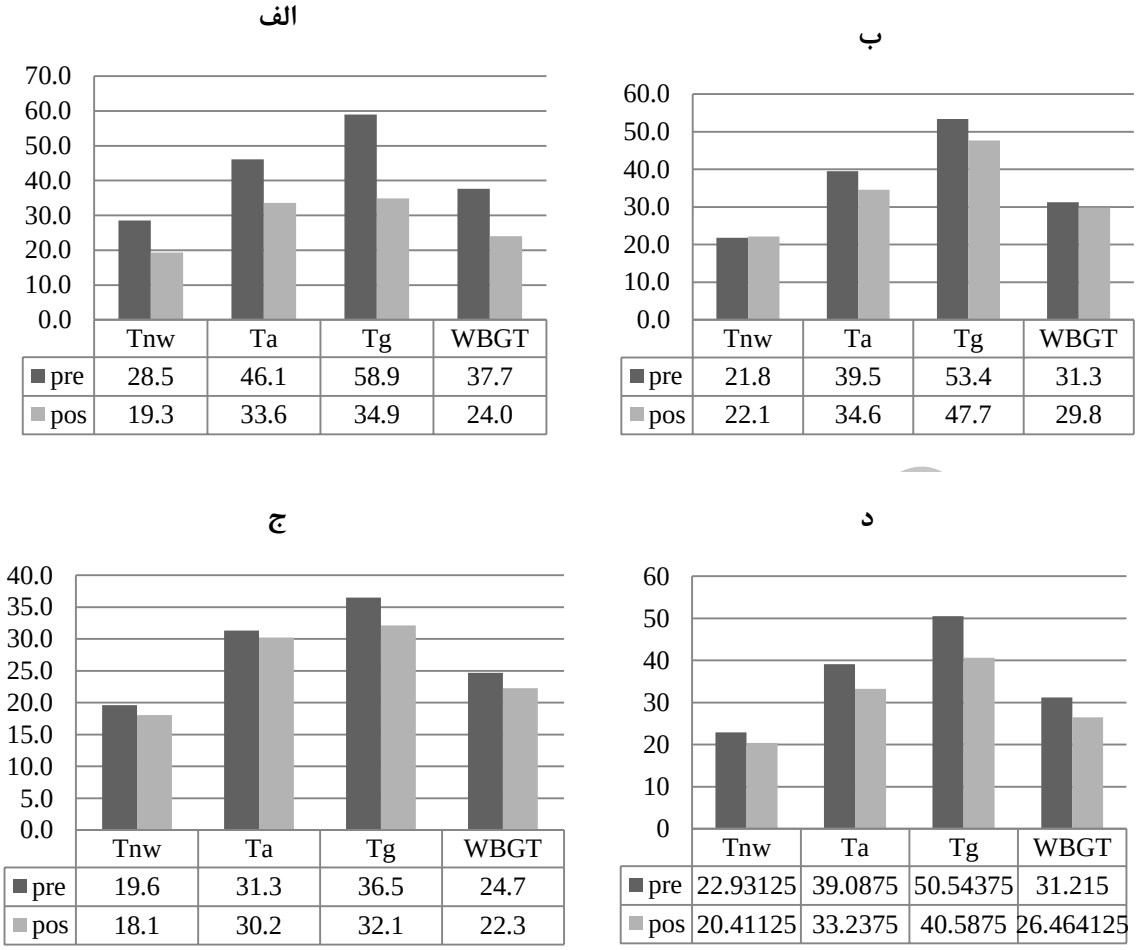
میزان $WBGT_{TWA}$ برای یک شیفت ۱۲ ساعته با استفاده از رابطه ۲، ۳۰/۱۹°C به دست آمد. مقدار میانگین WBGT بعد از انجام مداخلات در سه ارتفاع مختلف بر اساس رابطه ۱، ۲٦/٤٥°C اندازه‌گیری شد و با توجه به زمان استراحت ۲ ساعته و ۱۰ ساعت زمان کار انجام‌شده میزان $WBGT_{TWA}$ برای یک شیفت ۱۲ ساعته با استفاده از رابطه ۲، ۲٦/۲۲°C به دست آمد.

از آنجا که علت اصلی بالا بودن شاخص دمای تر گویسان، بالا بودن دمای تابشی بود، استفاده از سپر حرارتی می‌تواند تا حد زیادی مؤثر باشد. همان‌طور که در نمودار شکل الف مشاهده می‌شود، تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای در میزان دمای تابشی قبل و بعد از نصب سپر مشاهده می‌شود. این موضوع نشان‌دهنده مؤثر بودن طرح کنترل گرمایی در این ناحیه می‌باشد.

این در حالی است که در ارتفاع کمر (شکل ۳- ب) این تفاوت چندان قابل‌توجه نمی‌باشد. یکی از علت‌های کم بودن تفاوت میان دمای تابشی قبل و بعد از نصب سپر، باز بودن قسمتی از سپر در ناحیه کمر می‌باشد که امکان برداشتن قطعات از کوره را فراهم می‌نماید. این موضوع نشان‌دهنده اهمیت نصب سپر پوشاننده در این ناحیه از کوره‌ها می‌باشد.

میزان دمای تابشی در ارتفاع پا (شکل۳- ج) نیز مشابه کمر تغییر زیادی نداشته است که دلیل آن، مشابه دلیل فوق، باز بودن قسمتی از سپر و وجود خط نوری میان کوره و دریافت‌کننده حرارت می‌باشد. در مجموع می‌توان گفت بیشترین کاهش در شدت دمای تابشی در ارتفاع سر و کمترین میزان کاهش در ارتفاع کمر ایجاد شده است.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل۳- مقایسه میزان اثربخشی نصب سپر حرارتی بازتاب‌دهنده در شاخص‌های گرمایی دمای مرطوب، دمای خشک، دمای تابشی و شاخص دمای تر گویسان در الف: ارتفاع سر، ب: ارتفاع کمر، ج: ارتفاع پا، د: مقایسه میانگین‌های کلی

نتایج آزمون تی زوجی در بررسی معناداری میزان تأثیر مداخلات در دمای تابشی و دمای تر گویسان نشان داد که مقادیر WBGT قبل و بعد از مداخله در ارتفاع سر و قوزک پا اختلاف معنی‌داری داشته($P\leq ۰/۰۵$) که نشان‌دهنده اثربخشی استفاده از سیستم کنترل گرمایی می‌باشد (جدول ۱).

جدول۱- تاثیر نصب سپر حرارتی در دمای تابشی (T_g) و شاخص دمای تر گویسان (WBGT)

متغیر	Tg	WBGT
ارتفاع سر	P=۰/۰۰۰۱	P=۰/۰۰۰۱
ارتفاع کمر	P=۰/۰۰۳	P=۰/۱
ارتفاع قوزک	P=۰/۰۰٤	P=۰/۰۰۰۱

P=P-Value

بحث

نتایج مطالعه نشان داد، شاخص WBGT در موضع کاری کارگرانی که در مجاورت کوره قرار دارند، با در نظر گرفتن میزان متابولیسم، ساعات کار روزانه، در مقایسه با مقادیر توصیه‌شده استاندارد ACGIH (American Conference of Industrial Hygienists)، بیش از مقدار مجاز می‌باشد(٦). با توجه

Archive

www.SID.ir

به اینکه ایستگاه‌های کاری دارای شرایط کاری تقریباً یکسان می‌باشند و اندازه‌گیری‌ها نیز همزمان بود، نتایج داده‌ها در ۱۲ ایستگاه کاری مشابه می‌باشد. بررسی داده‌ها نشان داد در این صنعت مهم‌ترین مشکل در رابطه با گرمای تابشی مخصوصاً در ارتفاع سر و کمر می‌باشد.

مشکل استرس گرمایی یکی از مشکلات شایع در صنایع ریخته‌گری و فورج می‌باشد. نتایج مطالعه HajiAzimi و همکاران در تابستان سال ۱۳۸۵ در زمینه ارزیابی استرس حرارتی نشان داد که حداقل ۳۸٪ از کارگران کارخانه ذوب فلزات که در قسمت ذوبریزی کار می‌کنند، با تنش حرارتی بیش از حد مجاز مواجه هستند(۲).

نتایج مطالعه Hossaini و همکاران در یکی از کارخانجات کاشی‌سازی با استفاده از شاخص WBGT نشان داد، میزان استرس گرمایی در قسمت خشک‌کن بیش از حد مجاز است ولی در سایر قسمت‌های کارخانه در وضعیت استاندارد می‌باشد(۱۶).

نتایج مطالعه دیگری که توسط Srivatava و همکاران در سال ۲۰۰۰ در یک صنعت شیشه‌سازی در هند انجام شد، نشان داد که کارگران با تنش حرارتی بیش از مقدار توصیه‌شده بر اساس استاندارد ACGIH مواجه بودند(۱۰). نتایج این مطالعه نشان داد که میزان مواجهه کارگران با منابع گرمایی در تمام ایستگاه‌های کاری این صنعت، بیش از مقدار توصیه‌شده استاندارد می‌باشد و ازاین‌رو مستلزم به‌کارگیری راهکارهایی جهت کنترل استرس‌های حرارتی می‌باشد. از این‌رو در این مطالعه پس از پیاده‌سازی مداخلات مهندسی کنترل گرما به بررسی اثربخشی آن پرداخته شد.

مطالعات مختلفی در راستای کنترل گرما انجام‌شده که از آن جمله می‌توان به مطالعه Mohammadian و همکاران اشاره نمود(۱۵).

در این مطالعه محققان با استفاده از روش محصورسازی به طراحی اتاقک عایق و تأثیر آن بر شاخص WBGT پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد استفاده از این نوع اتاقک‌ها می‌تواند تأثیر زیادی در کنترل شاخص‌های گرمایی داشته باشد(۱۵).

در مطالعه دیگری که توسط Dormohammadi و همکاران انجام شد، محققان با استفاده از راهکارهای مهندسی از جمله نصب هواساز و چیلر توانستند میزان شاخص استرس حرارتی را کاهش دهند و اثرگذاری آن را اثبات کنند(۱۷).

با وجود اینکه روش محصورسازی از روش‌های موثر در زمینه کنترل استرس گرمایی در محیط‌های کاری به‌حساب می‌آید، اما در همه محیط‌ها به‌خصوص در صنایعی که در آن کارگر به‌طور مداوم به محل عمل دستگاه نزدیک بوده و قطعاتی را داخل یا خارج می‌نماید، چندان قابل استفاده نیست. با توجه به اینکه در مطالعه حاضر امکان استفاده از روش محصورسازی وجود نداشت از این‌رو از سپرهای بازتاب‌دهنده حرارتی استفاده شد. مطالعات انجام‌شده در زمینه استفاده از سپرهای حرارتی محدود است. سپرهای قابل‌انعطاف آلومینیومی می‌تواند تا حد زیادی از انتقال گرمای تابشی به کارگران جلوگیری نماید. همچنین وجود لایه عایق فایبرگلاسی علاوه بر ایجاد استحکام لایه آلومینیومی، مانع از انتقال گرما از طریق سپر می‌شود و اثر آن را بهبود می‌بخشد.

نتایج این مطالعه نشان داد، سپرهای حرارتی قابل‌انعطاف در محیط کار علاوه بر هزینه کمتر نسبت به سپرهای فلزی، مشکلات اجرایی کمتری نیز دارد. با توجه به نزدیکی بسیار زیاد کارگران صنایع فورجینگ کوره و همچنین عدم امکان استفاده از سپرهای ثابت حرارتی، استفاده از پارچه‌های نسوز با پوشش آلومینیومی که فاقد آزبست باشد، علاوه بر تأثیر قابل‌توجه در کنترل گرمای تابشی، مانع از انجام کار نمی‌شود.

بررسی و آزمایشات با سپرهای فلزی نشان داد، استفاده از سپرهای آلومینیومی و یا استیل در این نوع صنایع چندان مؤثر نیست. با توجه به ماهیت کار فوج در این‌گونه صنایع، کارگر مجبور است به‌طور مداوم دست خود را در داخل کوره برده و به زیر پرس بگذارد،

Archive of SID

www.SID.ir

استفاده از سپر ثابت فلزی می‌تواند مانع از انجام کار، مسدود شدن خط دید و کاهش راندمان کاری شود. همچنین فلز با توجه به قابلیت هدایت گرمایی بالا به سادگی داغ شده و به منبع گرما تبدیل می‌شود و حتی می‌تواند در صورت برخورد باعث ایجاد سوختگی شود. از آنجا که استفاده از طرح کنترلی با این مشکلات موقتی بوده و کارگران در طولانی‌مدت معمولاً از آن استفاده نمی‌کنند، نتیجه‌گیری شد که در این نوع صنعت نمی‌توان از سپرهای فلزی ثابت استفاده نمود. همچنین استفاده از سپرهای متحرک نیز به دلیل نیازمندی به تعمیرات و نگهداری قطعات متحرک، هزینه‌های منبع تولید نیرو، خطرات ایمنی اجسام متحرک نزدیک به پرس و هزینه بالای تجهیزات، موردقبول واقع نشد.

یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های استفاده از این‌گونه سپرها بازماندن ناحیه کوچکی است که اپراتور از طریق آن، قطعات را در داخل کوره گذاشته و از آن خارج می‌کند. این ناحیه باعث افزایش دمای تابشی از این نقطه و بالا رفتن شاخص دمای تر گویسان در این ناحیه می‌شود. از این‌رو همان‌طور که در نتایج نیز مشاهده شد، اختلاف میان دمای گویسان در قبل و بعد از مداخله در ارتفاع کمر معنادار نیست.

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه نشان داد میزان استرس گرمایی در کارگرانی که در معرض منابع گرمایی تابشی بودند، بیشتر از مقدار مجاز توصیه‌شده توسط استاندارد ACGIH بود. همچنین آنالیز فاکتورهای تأثیرگذار در مقدار شاخص WBGT نشان داد، مشکل اصلی در رابطه با گرمای تابشی در ارتفاع سر و کمر می‌باشد. از این‌رو به منظور بهبود شرایط از سپر حرارتی استفاده شد.

برای انتخاب نوع و جنس سپر مناسب بررسی‌های زیادی صورت گرفت. نتایج بررسی‌ها نشان داد در صنایع فورجینگ با توجه به حضور دائمی کارگران در فضای ما بین کوره و پرس افراد به طور پیوسته در معرض تابش‌های مادون‌قرمز قرار دارند. سپرهای پارچه‌ای نسوز از جنس فایبرگلاس با پوشش بازتاب‌دهنده آلومینیومی علاوه بر دفع گرمای تابشی، به دلیل ماهیت عایقی خود مانع از انتقال گرما می‌شوند.

نتایج مطالعه نشان داد استفاده از سپرهای قابل‌انعطاف پارچه‌ای که همزمان عمل بازتابش و ایزولاسیون حرارتی را انجام می‌دهند؛ روشی مناسب به منظور کنترل استرس‌های گرمایی مخصوصاً گرمای تابشی می‌باشد. با توجه به اینکه از مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر در مداخلات ایمنی و بهداشت اثربخشی اقتصادی طرح می‌باشد، هزینه پایین‌تر این‌گونه سپرها نسبت به سپرهای فلزی یک مزیت محسوب می‌شود. همچنین این سپرها به سادگی قابل نصب هستند، جلوی دید اپراتور را مسدود نکرده و به راحتی می‌توانند متناسب با فضای کاری بریده شده و شکل داده شوند. از دیگر مزایای این سپرها می‌توان به وزن کم، مقاومت مکانیکی بالا، طول عمر زیاد، سهولت جابجایی در هنگام تعمیرات و نگهداری، مقاومت بالا در برابر حرارت کوره و توانایی ایجاد روزنه‌های دید اشاره کرد. همچنین به دلیل نداشتن لبه‌های تیز و برنده ازلحاظ ایمنی نیز مورد تایید می‌باشند. از این‌رو به نظر می‌رسد این‌گونه سپرها بتوانند جایگزینی مناسب برای سپرهای فلزی باشد و به منظور کنترل گرمای تابشی در صنایع فورجینگ به طور گسترده‌ای مورداستفاده قرار گیرند.

تقدیر و تشکر

بدین‌وسیله از مدیریت و کلیه کارکنان محترم صنعت فورجینگ جهت اطلاعات مفیدی که در اختیار پژوهشگران قراردادند و همچنین از گروه ارگونومی دانشگاه علوم بهزیستی که از این پروژه حمایت کردند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

Archive of SID

www.SID.ir

References

1. Golbabaii F, Omidvari M. Human and Thermal Environment. 3rd ed. Tehran: Tehran University Puplication; 2003.
2. Haji Azimi E, Khavanin A. Heat stress measurement according to WBGT index in smelters. Journal of Military Medicine. 2011;13(2):59-64.
3. SaraieJ, NajafiB, ZaravshaniV S. Survey thermal stress in bakeries by WBGT index in ghzvin. ghazvin university student research committee journal. 2012;23(7):37-43.
4. Choobineh A. Occupational health. 3rd ed. shiraz: Shiraz University of Medical Sciences; 2007.
5. Kamon E. Relationship of physiological strain to change in heart rate during work in the heat. american industrial hygiene association. 1972;33(11):701-708.
6. ACGIH. TLVs and BEIs Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices. Cincinnati: 2010.
7. Hannani M, MotallebiKashani M, Mousavi S BA. Evaluation of workplaces heat stress for bakers in kashan city. KAUMS Journal (FEYZ). 2004;8(3):25-29.
8. Golmohammad R, Hassani M, Zamanparvar A, Oliaei M, Aliabadi M. Comparing the Heat Stress Index of HSI and WBGT in Bakery Workplaces in Hamadan. Iran Occupational Health Journal. 2006;3(2):8-10.
9. Gaspar AR, Quintela DA. Physical modelling of globe and natural wet bulb temperatures to predict WBGT heat stress index in outdoor environments. International Journal of Biometeorology. 2009;53(3):221-230.
10. Srivastavaf, A.; Kumarf, R.; Josephf, E.; Kumarj A. Heat Exposure Study in the Workplace in a Glass Manufacturing Unit in India. Annual occupational hygiene. 2000;44(5):449-453.
11. Parsons K. Heat Stress Standard ISO 7243 and its Global Application. Industrial Health. 2006;368-379.
12. Brake R, Bates G. A Valid Method for Comparing Rational and Empirical Heat Stress Indices. Society. 2002;46(2):165-174.
13. Malchaire J. International Standard For Determination of Metabolic Rate ISO/FDIS 8996 Redacteur principal. ISO. 2004;1-24.
14. Budd GM. Assessment of thermal stress- the essentials. Journal of Thermal Biology. 2011;26(5):371-374.
15. Mohammadyan M SP. Design of cool spot and assessment of its effect on WBGT index among furnace workers' position in Shimi Madani industry in Hamadan. J Mazandaran Univ Med Sci. 2010;20(76):2-7.
16. Hosseini H. Evaluation of Thermal Stress workers In a Tile Factory in 2010. In: 7th Occupational Health. Qazvin: 2011. p. 150-151.
17. Dormohamadi A, Sepeher P, MOtamedzade M. Survey WBGT index and presentation heat control engineering solutions in Ilika Company. In: 7th Occupational Health. Quzvin: 2011.

Archive of SID

www.SID.ir